

学校编码: 10384

分类号____密级____

学号: 22420051302415

UDC____

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

基于 USB2.0 DMB-TH 移动数字电视接收 系统的研究

Research On DMB-TH Mobile DTV Reception System
Based on USB2.0

林 翔

指导教师姓名: 程 恩 教 授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2008 年 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘要

近年来，电视数字化的发展十分迅速，世界上已有许多国家计划在 2015 年前后，关闭模拟电视的播出，全面进入数字电视时代。数字电视主要分为卫星数字电视、有线数字电视和地面数字电视。而地面数字电视，由于传输环境恶劣，频谱资源有限，加上其他方面的因素，世界各国都非常重视其标准的制定及相关的知识产权问题，我国于 2007 年 8 月正式实施自主开发的国家地面数字电视广播 DMB-TH（地面数字多媒体电视/手持广播）标准。由于我国幅员辽阔，有线电视的用户主要集中在城市。一方面，对于有线电视无法覆盖到的大部分地区，地面数字电视则可以大大改善它们的电视接收情况。另一方面，地面数字电视又可以为城市用户提供前所未有的移动电视服务，使人们可以随时随地的收看数字电视。因此，基于 DMB-TH 的便携产品的研究成为未来数字电视技术及产业发展的热点，市场潜力巨大。

本文所研究的基于国标 DMB-TH 的 USB2.0 移动数字电视接收系统可实现笔记本电脑、台式 PC 等带 USB 接口的数字终端对数字电视的接收。系统硬件主要由低功耗的 THOMSON 高频头，高可靠性的凌讯 DMB-TH 专用信道解调芯片，功能强大的 FPGA 和高性价比的 Cypress USB 控制芯片组成，实现对 TS 码流的控制接收和实时传输。系统的研究重点放在高速传输通道的逻辑设计，USB 数据传输原理，基于 Keil C 语言的 USB 接口芯片的固件程序设计以及 VC++ 平台上的应用程序开发设计上。同时，本文还介绍了 DMB-TH 的核心技术和性能优势，描述了 USB 系统的软件架构和系统原理，给出实验仿真图形和接收数据的分析。最后，针对本设计中的不足，提出了需要改进和完善之处。

关键词：DMB-TH；数字电视；USB2.0

Abstract

The development of digital TV has been going rapidly these years. Lots of countries have planned to close the R&D on analog televisions by the year of 2015, which means the grand opening of the digital era. The digital television can be divided into three parts: satellite DTV, cable DTV, and territorial DTV. Especially, because of the limit of resource bandwidth and other disadvantaged factors, all countries are paying more attention to the territorial DTV broadcasting standards and its intellectual properties. China has begun to implement its own territorial digital television standards which named DMB-TH since August in 2007. Because of huge and complicated terrain in China, most of cable television consumers are located in busy cities. Territorial digital television can help to solve the problem of digital TV reception in areas which can't be covered with cables. Meanwhile, territorial digital television can provide unprecedented mobile TV service to downtown people, which means people can watch TV anytime and anywhere. Therefore, the portable product based on DMB-TH standards is becoming hot spot in the field of digital TV technology and relevant industry, and a great market potential is anticipated.

This paper describes a DMB-TH mobile DTV reception system, which can be used in the laptops, PCs and any other equipments that have USB interface. The system is composed of a THOMSON tuner with low power consumption, a LGS DMB-TH dedicated channel demodulator with high reliability, a FPGA with strong function and a Cypress USB controller with high performance cost ratio, which aims for TS receiving and transporting in real time. The key points of this paper contain the logical designing of high speed transport link, the principles of USB data transport, the firmware designed using Keil C language, and the application designed based on VC++ platform. Meanwhile, this paper introduces the core technology of DMB-TH as well as its performance improvements. The dissertation also describes the software

structure and the principles of the USB at the system level, and it provides simulation figures and the analysis on the data received. Finally, we put forward the next stage work suggestions for the deficiency of this device.

Keyword: DMB-TH, Digital Television, USB2.0

厦门大学博硕士论文摘要库

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外发展现状	2
1.2.1 国内外数字电视发展现状.....	2
1.2.2 USB 移动数字电视接收系统的发展现状.....	4
1.3 论文主要研究内容	5
第 2 章 地面数字电视广播标准	6
2.1 浅析 DTTB 国外标准.....	6
2.2 中国 DMB-TH 传输方案	7
2.2.1 DMB-TH 系统结构.....	7
2.2.2 系统的技术特点.....	10
2.2.3 系统的性能优势.....	13
2.3 本章小结	13
第 3 章 USB 数字电视接收系统的基本原理	15
3.1 TS 码流介绍.....	15
3.1.1 TS 码流系统层规范.....	16
3.1.2 TS 码流的包结构.....	17
3.1.3 数字电视码流的监测标准.....	19
3.2 USB 技术概述.....	20
3.2.1 USB 总线的优点.....	21
3.2.2 USB 通信模型.....	22
3.2.3 USB 设备总线列举.....	24
3.3 Verilog HDL 语言简介	25
3.4 本章小结	26
第 4 章 系统设计方案	27
4.1 硬件的选择	27
4.1.1 高频头.....	27
4.1.2 信道解调器.....	28
4.1.3 USB 接口芯片.....	29
4.1.4 FPGA 的选择	33
4.2 传输控制模块设计	34
4.2.1 前端输出接口.....	34
4.2.2 FX2LP 的设置.....	36

4.2.3	FPGA 的设计与仿真	41
4.3	系统软件体系结构	43
4.4	本章小结	45
第 5 章	系统软件设计	46
5.1	固件程序设计	46
5.1.1	固件程序框架.....	47
5.1.2	描述符表模块.....	49
5.1.3	SLAVE FIFO 配置模块	52
5.1.4	固件程序的加载.....	53
5.2	驱动程序设计	54
5.3	GPD 与应用程序的接口	54
5.4	测试结果分析	55
5.5	本章小结	59
第 6 章	总结与展望	61
6.1	论文总结	61
6.2	下一步可开展的工作	62
附件	固件程序中主要寄存器的说明	63
参考文献	66
致谢	68

Content

Chapter 1	Preface	1
1.1	Background and meaning	1
1.2	The current research situation.....	2
1.2.1	Current situation of DTV	2
1.2.2	Current situation of USB mobile DTV reception system	4
1.3	Main content of the thesis.....	5
Chapter 2	DTT standards	6
2.1	Analysis on the abroad DTTB standards.....	6
2.2	China DMB-TH standars.....	7
2.2.1	The systemic structure of DMB-TH	7
2.2.2	Characteristics of DMB-TH system.....	10
2.2.3	Advantage of systemic performance.....	13
2.3	Summary.....	13
Chapter 3	Rationale of USB DTV reception system.....	15
3.1	Introduction of TS.....	15
3.1.1	Systemic criterion of TS	16
3.1.2	Package frame of TS	17
3.1.3	Testing Criterion of TS	19
3.2	Introduction fo USB technology	20
3.2.1	Advantage of USB interface	21
3.2.2	Communication model of USB.....	22
3.2.3	USB enumeration.....	24
3.3	Introduction of Verilog HDL.....	25
3.4	Summary.....	26
Chapter 4	The blue print of USB DTV reception system.....	27
4.1	Choice of hardware.....	27
4.1.1	Tuner	27
4.1.2	Channel demodulator	28
4.1.3	USB interface controller	29
4.1.4	Choice of FPGA.....	33
4.2	Transporting controlling module designing	34
4.2.1	Interface of the frontend.....	34
4.2.2	Setting of FX2LP	36

4.2.3	Designing and simulation of FPGA.....	41
4.3	Software structure of mobile DTV reception system.....	43
4.4	Summary.....	45
Chapter 5	Software designing.....	46
5.1	Firmware designing	46
5.1.1	Frame work of Firmware	47
5.1.2	Definition of descriptors	49
5.1.3	Setting of Slave FIFO	52
5.1.4	Loading of Firmware	53
5.2	USB system driver designing	54
5.3	Interface between GPD and Application	54
5.4	Analysis on received data	55
5.5	Summary.....	59
Chapter 6	Summary and prospect	61
6.1	Summary of the thesis	61
6.2	Research plans for next stage.....	62
Appendix	Explanation of main registers in Firmware.....	63
Reference.....		66
Acknowledgement.....		68

第1章 绪论

1.1 研究背景与意义

数字电视相比模拟电视有着清晰度高、音频效果好、抗干扰能力强和更有效的频谱利用率等优势，被公认为广电业未来最有发展前途的业务。要实现数字电视，最重要的一环就是数字电视标准的制定。目前，经国际电讯联盟（ITU）批准的数字电视广播标准有三个：欧洲的 DVB（Digital Video Broadcasting 数字视频广播）、美国的 ATSC（Advanced Television Systems Committee 先进电视制式委员会）和日本的 ISDB（Integrated Services Digital Broadcasting 综合业务数字广播）^[1]。图 1-1 是我国正式的数字电视标准构成示意图，其中有线电视的传输标准采用的是欧洲的 DVB-C（Digital Video Broadcasting-Cable）标准，卫星电视数字传输标准采用的是 DVB-S（Digital Video Broadcasting-Satellite）标准，而数字电视地面传输标准在经历了相当长时间的准备工作之后，与 2007 年 8 月 1 日起正式确定为国家 DTMB（Digital Television Terrestrial Multimedia Broadcasting 数字电视地面多媒体广播）标准，也称 DMB-TH^①（Terrestrial Digital Multimedia TV/Handle Broadcasting 地面数字多媒体电视/手持广播）标准。DMB-TH 标准是我国数字电视三大传输标准中唯一具有自主知识产权的标准。

我国数字电视发展起步比发达国家要晚，但市场潜力十分巨大。全国有线电视用户已经覆盖到 95% 以上的家庭^[3]，都是数字电视的潜在用户。2007 年，我国数字电视产业进入全面推进阶段，有线数字电视的整体转换在北京、上海、天津、重庆等重量级城市全面启动。2008 年，继央视元旦在北京开播地面数字电视信号后，国家广电总局已确定在其余 5 个奥运城市和广州、深圳市开通地面数字电视节目，数字电视的发展必将为我国的经济增长提供多产业复合的增长点。有机构预测，到 2010 年，我国将有超过 2.5 亿人通过诸如手机、PC、PDA、个人视频播放器、照相机和汽车等移动设备收看电视，数字电视将超越互联网

^① 中国地面数字电视广播标准迄今还没有标准的英文缩写词^[2]，因此本文沿用最早的国标名称 DMB-TH。

成为最大的电子商务平台。

目前，国内加入数字电视接收系统研究的机构和芯片开发商已越来越多，主要的研究方向包括数字电视机顶盒，数字电视 PC 接收系统，数字电视机卡分离等等。其中，面向于满足用户随时随地收看电视直播需求的便携式移动数字电视接收系统，被业内人士认为是未来数码先锋人士的时尚必备品。由于移动数字电视接收系统使用的是国家具有自主知识产权的地面数字电视广播标准，可节省大量的专利费用，因此成为当下数字电视技术及相关产业发展的研究热点。

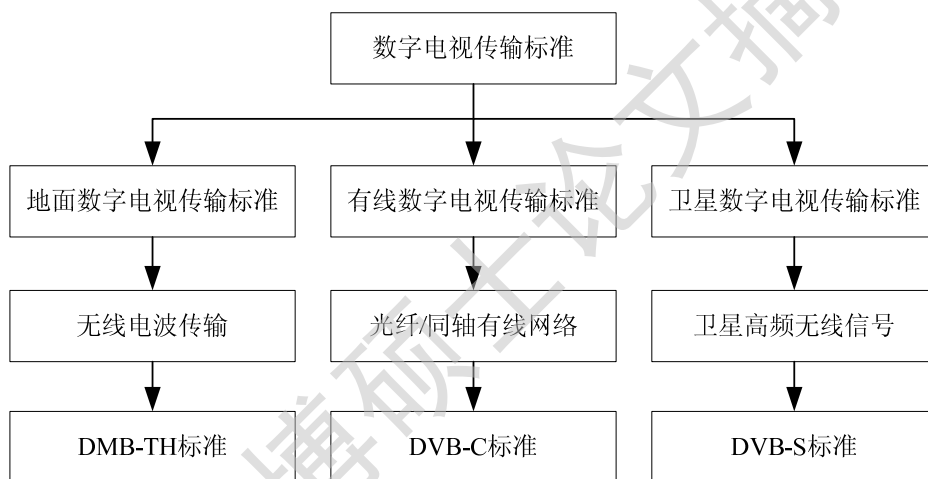


图 1-1: 我国正式的数字电视传输标准构成

1.2 国内外发展现状

1.2.1 国内外数字电视发展现状

近年来，全球数字电视发展迅猛，世界各国都加快了本国数字电视的发展步伐。至 2007 年，全球数字电视渗透率（数字电视用户/电视用户总数）已达到 20%。特别是在美国、欧洲、日本等发达国家与地区，数字电视已取得较大发展^[3]。

(1) 美国

大多数地面电视台已经开播数字频道，截至 2005 年 6 月，在 209 个电视市

场中已有 1491 座地面电视台(其中包括 289 座公共电视台)开办了数字电视频道,覆盖了 99.7%的电视家庭。几大地面电视网的黄金时段节目基本实现高清化。从 2007 年 3 月 1 日起,美国出货的带模拟接收器的所有电视机都必须配有一个内置的数字接收器,成为美国向全数字电视转换过程中一个重要的里程碑。美国将在 2009 年 2 月 18 日以前全面停止模拟电视信号广播。

(2) 欧洲

早在 1996 年,欧洲数字电视的卫星广播就开始播出,并已扩展至东欧。目前,英国的数字电视覆盖率已接近 75%,现在已经成为全球数字电视普及率较高的国家。除了英国,西班牙、荷兰、瑞典和法国等西欧国家也相继引入数字电视服务。由于欧洲数字电视提供商采取了有效的措施吸引观众接收数字电视,替用户承担了数字电视机顶盒的购置费,并且提供大量的付费节目供用户选择,其互动电视用户规模已经超过了美国。前不久,欧盟委员会宣布将 2012 年设为欧盟国家模拟电视全面更新换代为数字电视的最终期限。

(3) 日本

日本的数字电视研究与开发进展迅速,从 2003 年起在东京等 3 个大城市试播数字电视,2006 年开始全国普及数字电视,到 2006 年 12 月,数字地面电视广播在日本的人口覆盖率已达 84%,约 3570 万户家庭可收看数字电视。计划在 2011 年 7 月 24 日全面完成数字化,所有订户家庭都可接收地面数字电视。

(4) 韩国

2003 年,在 6 个城市开展地面数字电视业务;2004 年,推广到全部省会城市;2005 年,全国开播。到目前为止,韩国的数字电视产品的销售额已经超过了模拟电视,成为主导产品,已经充分显示了数字电视的发展潜力。韩国政府计划在 2010 年结束模拟信号传输,届时其国内的数字电视普及率将达到 95%。

(5) 其他

其他国家(地区)在数字电视方面分别制定了模拟转数字的时间表,对数字电视技术进行了积极的探索。如,印度:在 2003 年 6 月正式提供数字地面电视(DTT:Digital Terrestrial Television)服务,估计到 2012 年完全停止模拟电视传输。新加坡:正向数字化迈进中,经过复杂的试验后,选择欧洲 DVB 作为标准,于 2001 年 9 月开始了交互电视的试播。南美:巴西通过对欧洲、美国和日

本数字电视标准的测试，决定采取日本的地面数字电视标准 ISDB-T。

尽管我国数字电视的研究起步较晚，但国家政策正全力推动数字电视产业。在硬件领域，和国外基本保持同步，国内厂商生产的数字电视机已经进入国际市场；同时，我国积极制定具有自主知识产权的数字电视标准，避免以往因使用国外标准而支付的大量专利费用。2005 年底，我国数字电视用户达 413 万户，并开播了 108 套付费电视，付费数字电视用户达 139 万户，比 2004 年增长 2 倍多^[4]。2006 年，全国数字电视用户达到 1294.4 万户，比 2005 年增长了 275.2%^[4]。2007 年，全国数字电视用户约为 3500 万户，比 2006 年增长了约 177%^[5]。图 1-2 为我国数字电视用户现状及预测柱状图^[6]。

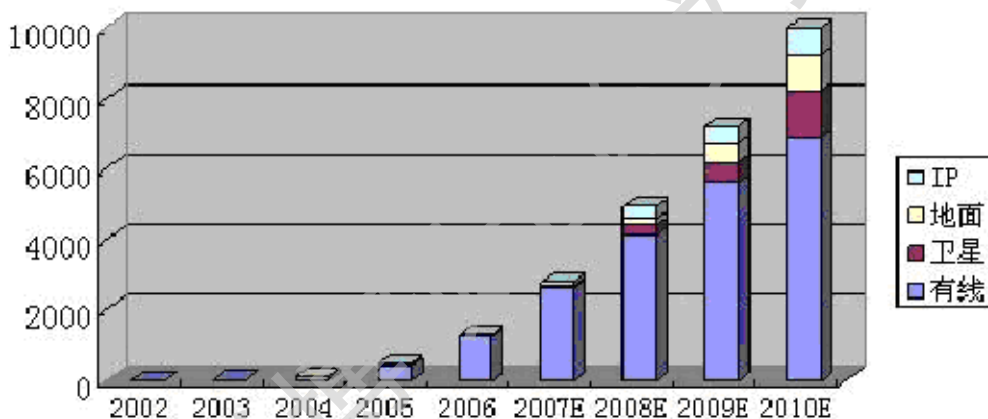


图 1-2：中国数字电视用户现状及预测（2002-2010）

按照国家广电总局的规划，我国将于 2008 年全面推广数字高清电视的地面传输；2010 年全面实现数字化；2015 年停止模拟电视的播出。同时，在电视中心数字化方面，我国将建立三个系统，即节目制作网络化、播出硬盘自动化、节目资源数字化管理，分三个步骤完成。三个系统建立起来后，相互连接，实现电视中心数字化、网络化。在节目内容方面，结合世界其他国家发展数字电视业务存在的问题，我国确立了从媒体资产管理切入，加快全国广播电视节目资源整合，逐步形成多个节目应用平台的发展方针^[7]。

1.2.2 USB 移动数字电视接收系统的发展现状

伴随着互联网的发展，电脑广泛走进学校、家庭及办公室，笔记本电脑也

日益成为商务人士必备的个人信息终端。电脑所具有的强大多媒体处理能力与信息存储能力,使其必然成为移动数字电视终端的重要形式。因此,USB 移动数字电视接收系统最重要的应用是在 PC 上,这方面的发展最早源自国外市场,相关的产品也十分丰富,产品的研发及生产制造主要是在台湾^[8]。现在,USB 移动数字电视接收系统的终端已不仅限于 PC,其他带 USB 接口的多媒体数字显示终端都成为应用的对象,如 PMP、PDA、照相机等。在我国,随着数字电视广播标准的确立,尤其是地面数字电视广播标准的公布和实施,国内兴起一股基于国标 USB 移动数字电视接收系统的研究热潮。目前,国标的芯片开发商主要有凌讯科技、上海高清、复旦微纳、杭州国芯、卓胜微电子等,他们相继推出自己的 USB 移动数字电视接收系统方案和样机(主要面向 PC)。同时,国外芯片开发商 SIANO 也正准备进军中国国标市场。

1.3 论文主要研究内容

本论文结构安排如下:

第一章,阐述本设计的研究意义和选题背景;介绍国内外数字电视及 USB 移动数字电视接收系统的发展状况;最后给出论文各部分的内容安排。

第二章,简要介绍了国外三种地面数字电视广播标准,重点概括和分析了中国自主研发的地面数字电视广播标准 DMB-TH 的原理及特点。

第三章,介绍本论文所研究的移动数字电视接收系统的原理及关键技术,包括 USB 传输协议规范, MPEG-2 传输流的复用原理及结构特性等。

第四章,详细讨论了系统硬件设计方案,包括了芯片的选择,硬件结构及数据传送原理,其中主要对 USB+FPGA 模块,即 USB 高速通信模块作详细分析,给出了硬件连接图,深入分析了端点配置和传输模式的选择思路, FPGA 模块的设计原理以及仿真时序图等。

第五章,讨论了固件程序设计的框架流程,以及对主要的代码做了说明,并分析了通用驱动程序与应用程序的接口函数,简单描述了应用程序读取端点数据的过程;最后,对接收数据进行分析。

第六章,概括了本文的主要工作及系统方案的特点,并对今后的研究工作展开展望。

第 2 章 地面数字电视广播标准

地面数字电视广播 (DTTB: Digital Television Terrestrial Broadcasting) 系统支持固定 (含室内、外) 接收和移动接收两种模式。在固定接收模式下, 可以提供数字标准清晰度电视业务、高清晰度电视业务、数字声音广播业务、多媒体广播和数据服务业务; 在移动接收模式下, 可以提供数字标准清晰度电视业务、数字声音广播业务、多媒体广播和数据服务业务^[9]。当前, 国外 DTTB 标准有三个: 欧洲 DVB 组织提出的以 COFDM 为核心技术的 DVB-T 标准; 美国大联盟组织提出的以 8VSB 为核心技术的 ATSC 标准; 日本提出的以频带分段传输 (BST-OFDM) 为核心技术的 ISDB-T 标准。2006 年 8 月, 我国正式对外公布以具有自主知识产权的时域同步正交频分复用 (TDS-OFDM) 为核心技术的 DMB-TH 标准, 该标准是我国广播领域里唯一的强制性标准, 2007 年 8 月 1 日开始实施。

2.1 浅析 DTTB 国外标准

欧洲的 DVB-T 标准, 美国的 ATSC 标准和日本的 ISDB-T 标准, 它们的频道宽度均在 6MHz~8MHz 之间^[10], 每个频道都可设置一个固定接收的高清晰度电视 (HDTV) 和数个标准清晰度电视 (SDTV)。三种标准的系统结构相似, 可分为 MPEG-2 数字比特层和调制传输层。复用方式均采用 MPEG-2 系统, 将已编码压缩后的视频、音频、数据基本码流与系统的信息一起组合、打包, 形成打包基本码流 (PES) 或传送包, 每个传送包规定固定长度 188 个字节, 经过复用器, 形成 TS 码流, 作为 MPEG-2 的信源送到电视发射机调制器或其他传播媒体和记录媒体; 音频编码方面, 欧洲和日本都采用 MPEG-2 音频编码, 而美国采用 Dolby-AC3; 视频编码方面, 三套标准都采用 MPEG-2 视频编码核心技术, 向后可以兼容 MPEG-1, 向前可携带更为先进的 MPEG-4 码流^[11]。

三种标准最大不同点在于调制传输层。ATSC 采用 8 阶残留边带 (8VSB)

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库